

**RANCANG BANGUN *SOLAR WATER HEATER* (SWH) JENIS PELAT DATAR DENGAN
PEMROGRAMAN ARDUINO UNO**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

**ADIB BUDI RAHARJO
D400120073**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN *SOLAR WATER HEATER (SWH)* JENIS PELAT DATAR
DENGAN PEMROGRAMAN ARDUINO UNO**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

ADIB BUDI RAHARJO
D400120073



Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Dr. Agus Ulinuha, ST. MT, Ph.D

NIK. 656

HALAMAN PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN *SOLAR WATER HEATER (SWH)* JENIS PELAT DATAR
DENGAN PEMROGRAMAN ARDUINO UNO**

OLEH

ADIB BUDI RAHARJO

D 400 120 073

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari *Rabu*, 01-02-2017

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. **Dr. Agus Ulinuha, ST. MT. Ph.D**
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Hasyim asy'ari, ST. MT**
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **Aris Budiman, ST. MT**
(Anggota II Dewan Penguji)

(*Agus Ulinuha*)

(*Hasyim asy'ari*)

(*Aris Budiman*)

Dekan,

Ir. Sri Sunarjono, MT. PhD

NIK: 0630126302



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 01-Feb-2017

Penulis



ADIB BUDI RAHARJO

D 400 120 073

RANCANG BANGUN *SOLAR WATER HEATER (SWH)* JENIS PELAT DATAR DENGAN PEMROGRAMAN ARDUINO UNO

Abstrak

Tenaga surya merupakan salah satu energi alternatif dengan resiko polusi yang sangat rendah. Pemanfaatan tenaga surya juga sudah merambah ke berbagai sektor dalam prakteknya. Sampai hari ini, muncul berbagai inovasi yang memanfaatkan cahaya matahari sebagai solusi berbagai masalah. Namun, semua yang berhubungan dengan pemanfaatan tenaga surya masih memakan biaya yang cukup banyak. Pada penelitian ini, titik fokus yang dituju adalah menciptakan sebuah alat yang memanfaatkan tenaga surya dengan biaya yang cukup rendah, yaitu menciptakan sebuah pelat yang dapat memanaskan air dengan cahaya matahari. Pemanas yang akan dibuat pada penelitian ini tidak menggunakan komponen elektronika yang rumit, pelat ini terbuat dari pipa tembaga yang memiliki panjang 15 meter dan diameter 0,5 inci. dalam pengoperasiannya pemanas ini menggunakan mikrokontroler berbasis Arduino UNO. Mikrokontroler ini mengaktifkan pompa air motor DC dan kran otomatis dengan motor DC sebagai penggerak. Penggunaan pemanas ini sepenuhnya mengandalkan radiasi cahaya matahari dengan sistem pasif. Pemanas ini menghasilkan suhu air yang mencapai lebih dari 45 °C. Dalam satu kali pengisian kolektor pelat datar dapat diperoleh volume 1,5 liter. Pada penyimpanan air panas terbuat dari bahan *stainless steel* dengan kapasitas volume 50 liter. Hasil penelitian dan pengujian ini akan menjadi salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari akan air panas. Mengingat harga pemanas air di pasar masih cukup tinggi dan menyebabkan polusi.

Kata kunci : pemanas air, arduino UNO , tenaga matahari, motor DC.

Abstract

Solar energy is one of the alternative energy with low-risk of pollution. The usage of solar energy has spread on many fields in practical. Until this days, so many inovations that are using solar energy as solution of some problems. But, all things that related to solar energy usage, still need high-cost of production. In this research, the focus aims to create a device that is using solar energy with low-cost, which is creating a water heater. The water heater that was made in this research, is not using complicated electronic components, this metal plate is made from copper that has length 15 meters and its diameter is 0.5 inches. In the operation of this heater, it uses microcontroller based on Arduino UNO. This microcontroller activates the water pump and the automatic valve with dc motor as the actuator. The usage of this heater, fully depends on sun radiation in passive system. This heater yields hot water with temperature above 45 degree celcius. We will get 1.5 liters of hot water at one time of filling. And the hot water tank is made from stainless steel with volume of 50 liters in total. This will be one of the solution for daily needs of hot water, because the majority of water heater device on market is expensive and causing polutions.

Keywords : water heater, arduino UNO, solar energy, motor DC.

1. PENDAHULUAN

Cahaya matahari diterima oleh permukaan bumi dalam satu jam dapat memenuhi kebutuhan energi per tahun untuk semua manusia di seluruh dunia menurut *National Renewable Energy Laboratory*. Pada tahun 2015, energi yang didapat dari cahaya matahari, atau yang biasa disebut dengan energi surya, telah dianggap sebagai sektor energi terbarukan dengan pertumbuhan paling pesat yang mencapai angka pertumbuhan 33% seperti yang diungkapkan oleh pihak *Bloomberg*. Tenaga surya merupakan energi alternatif yang aman dikarenakan kemampuannya untuk mengganti bahan bakar fosil seperti batubara dan gas yang sering mencemari udara, air dan tanah. *World Wildlife Fund* (WWF) mengemukakan bahwa listrik yang dihasilkan oleh fosil menyebabkan polusi udara yang akan bercampur dengan air hujan, menghancurkan area hutan, dan mempengaruhi sektor pertanian, hal ini tentunya akan memakan biaya yang berlebih. (Kinal, Vijayalaxmi.2011)

Indonesia, salah satu negara yang dilintasi garis khatulistiwa, tentunya memiliki potensi yang sangat besar dalam pemanfaatan energi yang dihasilkan oleh cahaya matahari. Hingga hari ini, Indonesia baru dapat memanfaatkan energi surya sekitar 10 MWp. Padahal, di negara tropis yang memiliki luas seperti Indonesia, dapat menghasilkan energi surya pada kisaran 112.000 GWp. Hal ini yang seharusnya menjadi salah satu fokus utama pemerintah untuk memaksimalkan peluang ini. (EPA. 2013)

Tak hanya persoalan konversi energi, cahaya matahari pun dapat digunakan sebagai pemanas air alami. Pemanas air yang tersedia di pasar pun hingga saat ini mengalami puncak inovasi yang tetap memanfaatkan listrik sebagai energi. Walaupun panel surya masih menjadi alternatif pilihan yang ada, masih saja menyebabkan polusi tanah, karena hasil pembuangan sampah panel surya yang sudah tidak berfungsi dan menjadi limbah. Maka dari itu, perlu sebuah inovasi yang dapat meminimalisir persoalan tersebut. (Matthieu, Calaeiss (March 29, 2014))

Penelitian yang dilakukan pada karya tulis ini, ditujukan untuk membuat sebuah alat yang dapat memanaskan air tanpa menggunakan listrik. Pemanfaatan energi terbarukan dari cahaya matahari menjadi fokus utama pada alat yang telah dibuat. Rancang bangun ini lebih difokuskan pada efisiensi dan optimalisasi biaya. Dimana rancang bangun ini menggunakan sistem pasif. Disebut menggunakan sistem pasif karena rancang bangun alat ini hanya mengandalkan radiasi panas matahari sepenuhnya. Adapun pengumpul panas dari cahaya matahari adalah sebuah pipa tembaga atau kolektor penyerap panas radiasi matahari yang diletakkan diatas pelat datar, sehingga dapat mengkonsentrasikan panas pada air yang ada dalam kolektor tersebut. (Shelmi, M., et al., 2008)

Mekanisme kerja alat yang dibuat oleh penulis adalah dengan cara memompa air ke area kolektor pelat datar. Pompa air yang digunakan menggunakan jenis motor DC 12V yang diatur

kinerjanya oleh mikrokontroler Arduino UNO. Air yang terpompa ke area kolektor pelat datar akan memanaskan dengan memanfaatkan langsung radiasi panas dari cahaya matahari. Setelah air mencapai suhu yang diinginkan, maka secara otomatis air akan mengalir ke dalam tabung yang akan mempertahankan tingkat suhu air tersebut. (Arefin, Ashraful.2016) Air yang masuk mengalir ke dalam tabung dari pipa distribusi atau kolektor yang bersuhu tinggi memiliki massa jenis yang lebih kecil, sehingga cenderung akan mengalir ke arah yang lebih tinggi. Sebaliknya air yang bersuhu rendah memiliki massa jenis lebih besar dan cenderung akan bergerak kebawah, sehingga terjadi konveksi secara alami. (Marbun, 2009).

2. METODE

2.1. RANCANGAN PENELITIAN

Penulis menggunakan metodologi penulisan sebagai berikut :

1. Studi literatur

Merupakan kajian penulis atas referensi-referensi yang ada baik berupa buku maupun karya ilmiah, media massa serta melalui internet yang berhubungan dengan penulisan penelitian. Data dari referensi-referensi yang ada tersebut kemudian digunakan sebagai dasar acuan dari penelitian tugas akhir yang dilakukan.

2. Pengumpulan data

Pengumpulan data berupa desain rangkaian, spesifikasi alat yang akan digunakan untuk penelitian, dan mengumpulkan komponen alat elektronika yang digunakan dalam penelitian ini dengan membeli ditempat penjualan komponen elektronika.

3. Perancangan alat

Perancangan alat meliputi perancangan desain alat didasarkan pada perhitungan-perhitungan matematis yang didapat dari acuan dasar pembuatan rangkaian, memprogram alat untuk mengaktifkan Arduino UNO serta *flowchart* kerja alat pada penelitian tugas akhir.

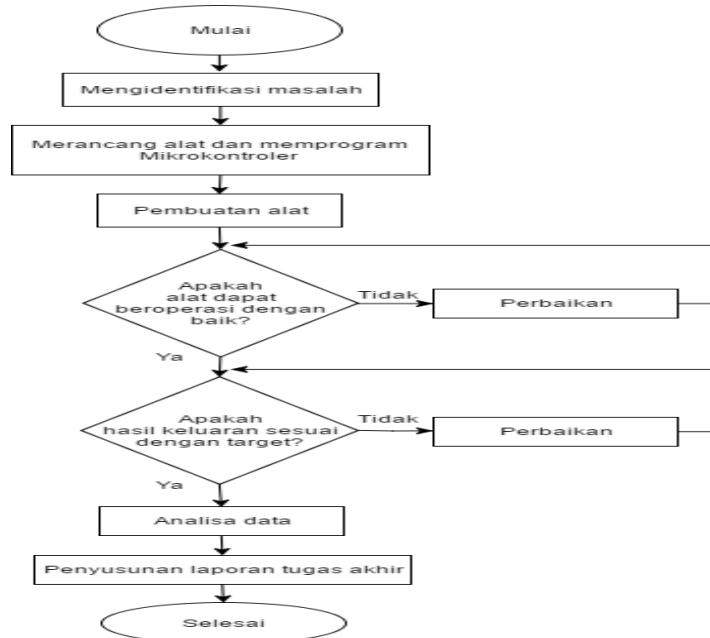
4. Pembuatan alat

Pembuatan alat dalam penelitian ini meliputi pembuatan desain elektronika alat pada pembuatan alat ini dilakukan dengan teliti dan akurat agar alat yang dibuat dapat sesuai dengan desain dan menghasilkan keluaran sesuai dengan perencanaan.

5. Pengujian dan Analisis Data

Pengujian alat dilakukan secara berulang-ulang dengan menguji rangkaian alat yang dibuat dengan perhitungan yang teliti dan presisi agar mendapatkan hasil yang sudah sesuai dalam perencanaan.

2.2. Flowchart penelitian



Gambar 1. Flowchart penelitian

2.2. Peralatan Utama dan Pendukung

Peralatan yang digunakan untuk penelitian antara lain :

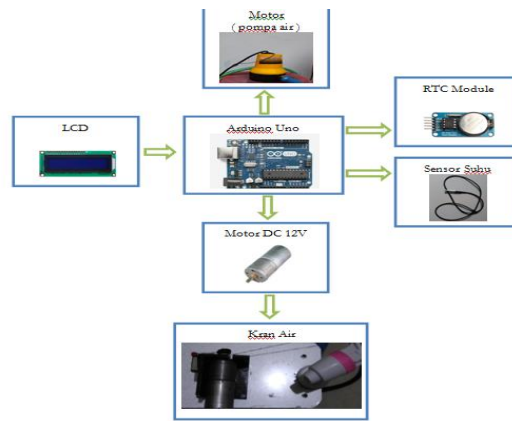
Tabel 1. Peralatan utama dan Pendukung

Nama	Spesifikasi	Jumlah
Pipa Tembaga	0.5 inci	15 meter
Pelat Aluminium	230 cm x 85 cm	2 buah
Triplek	220 cm x 80 cm	1 buah
Tandon air panas	50 liter	1 buah
Acrylic	2 mm	1 buah
Power supply	12 V	1 buah
Thermometer	Air raksa 200°C	1 buah

<i>Thermostat</i>	DS18B20	1 buah
LCD Monitor	0.5 watt	1 buah
<i>Relay</i>	1 kanal	1 buah
Arduino UNO	10 bit	1 buah
Selang Air	½ inci	1 buah
Pompa Air	Motor DC 2.5 A 12V	1 buah
Busa isolator	2x 1.5 meter tebal @1cm	1 buah
Motor DC	12V, Maks. 5A	1 buah
Kran air	-	2 buah

2.3. Perancangan

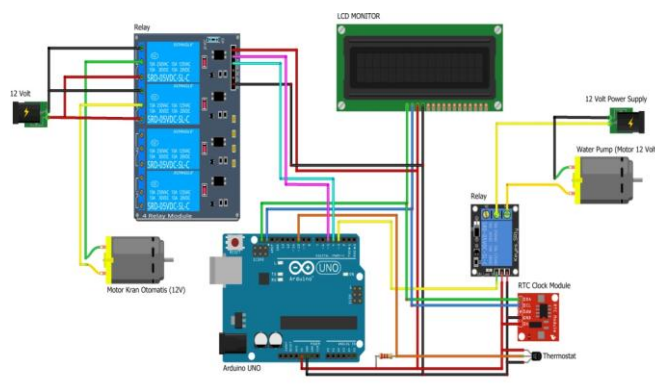
Dalam rancang bangun *solar water heater* jenis pelat datar yang berbasis Arduino UNO ini memiliki 2 tahap perancangan antara lain yaitu perancangan *software* dan perancangan *hardware*. Pada rancang bangun ini terpasang 3 komponen utama yaitu pompa air, kran air otomatis dan kran otomatis. Pompa air tersebut dapat bekerja memompa air dari sumber air untuk dialirkan ke dalam area kolektor pelat datar yang dikendalikan melalui Arduino UNO dengan proses pengoperasiannya relay yang memiliki fungsi sebagai saklar terhadap pompa air. Sebelum air masuk ke dalam kolektor pelat datar air terlebih dahulu melewati kran air otomatis. sensor suhu atau yang biasa disebut dengan *thermostat* yang dapat bekerja untuk mendeteksi suhu air yang ada diarea kolektor pelat datar melalui Arduino UNO sebagai pengendali *thermostat* tersebut. Proses buka tutup *relay* bergantung pada pengecekan suhu yang terjadi secara berulang terus menerus. Arduino UNO menjadi sebuah unit pengendali serta mikrokontroler yang dapat menjalankan proses pengendalian dan pengolahan sistem kerja rancang bangun ini.



Gambar 2. Diagram blok sistem *solar water heater* pelat datar

2.3.1. Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* pada alat ini bermula pada melakukan koneksi antar komponen. Arduino UNO dihubungkan dengan LCD monitor dan modul RTC melalui koneksi data SDA (*data line*) dan SCL (*clock line*) yang merupakan koneksi paralel yang tersedia dalam mikrokontroler pada umumnya. Koneksi data SDA dan SCL sendiri dapat memungkinkan beberapa komponen yang saling terkait dalam satu jalur. LCD monitor digunakan untuk menampilkan nilai suhu yang terdeteksi pada sensor suhu, *thermostat*. Modul RTC yang terpasang pada Arduino UNO akan memberikan referensi nilai waktu yang digunakan untuk melakukan delay sistem secara *real time*. Proses pemompaan air dilakukan oleh motor DC 12V yang secara seri terhubung dengan relay pada mode NO (*normally open*). Pemicu menutupnya relay akan dilakukan oleh *pin digital* yang terdapat pada Arduino UNO. Sensor suhu terhubung pada Arduino UNO juga melalui *pin digital* yang lain. Untuk mendapatkan nilai suhu yang presisi, dibutuhkan sebuah resistor sebagai rangkaian *pull-up* yang terhubung pada tegangan positif.



Gambar 3. Skema rangkaian *solar water heater* pelat datar



Gambar 4. Rancang Bangun *Solar Water Heater* dengan Pemrograman Arduino UNO

Salah satu perancangan dalam membuat pemanas air tenaga surya yaitu dengan membuat kolektor surya yang dirancang sesuai dengan bahan yang terdiri dari seperti *acrylic* yang memiliki panjang 120 cm dan lebar 84 cm dan memiliki ketebalan 2 mm yang berfungsi sebagai penangkap panas cahaya matahari untuk kemudian dikonsentrasikan ke pipa tembaga. Kemudian pipa tembaga yang memiliki panjang 15 meter dengan diameter lingkaran pipa tembaga 0.5 inci yang membentuk pola seperti yang ada digambar 10. Pipa tembaga itu dialiri air dingin yang nantinya sebagai pengumpul panas dari radiasi cahaya matahari yang kemudian akan menuju kedalam area tandon air panas. Dibawah pipa tembaga tersebut terdapat bahan konduktor yang terbuat dari lempengan aluminium dan untuk meminimalisir radiasi cahaya matahari yang terlepas maka perlu adanya bahan isolator yang terbuat dari triplek 2 lapis dengan ketebalan 1 cm.



Gambar 5. Bentuk fisik kolektor pelat datar

Arduino UNO yang digunakan pada alat ini merupakan salah satu jenis mikrokontroler keluarga ATMEAL. IC (*Integrated Circuit*) yang digunakan bertipe ATmega8 yang memiliki 10 bit data. Tujuan penggunaan Arduino UNO pada alat ini dikarenakan fleksibilitas algoritma yang dapat dibangun untuk mengaitkan *input* dan *output*nya. Tipe bahasa yang digunakan untuk memprogram Arduino UNO adalah bahasa pemrograman C.



Gambar 6. Bentuk fisik Arduino UNO

Untuk memompa air dari satu titik ke titik yang lain, dibutuhkan sebuah motor yang dapat mendorong air. Motor yang digunakan pada alat ini adalah motor DC 12V. Untuk memompa air,

tentunya sebuah motor membutuhkan sebuah perangkat yang terintegrasi. Dalam hal ini, penulis menggunakan sebuah pompa air jenis motor DC 12V dengan penampakan fisik seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Bentuk fisik pompa air jenis motor DC 12V

Untuk mendeteksi suhu air pada proses pemanasan air, menggunakan *thermostat*. *Thermostat* yang penulis gunakan adalah jenis *thermostat* yang memiliki nilai keluaran analog.



Gambar 8. Bentuk fisik sensor suhu atau *thermostat* tipe DS18B20

Penyambung arus pada pompa air menggunakan sebuah modul relay yang memiliki input digital sebagai *trigger*. *Relay* yang digunakan membutuhkan tegangan picu sebesar 5V untuk mengaktifkan kontak. Arus maksimal yang dapat melalui relay ini adalah dibawah 10 A.



Gambar 9. Bentuk fisik relay

Modul RTC melalui koneksi data SDA (*data line*) dan SCL (*clock line*) yang merupakan koneksi paralel yang tersedia dalam mikrokontroler pada umumnya. Koneksi data SDA (*data line*) dan SCL (*clock line*) sendiri dapat memungkinkan beberapa komponen yang saling terkait dalam satu jalur. Modul RTC yang terpasang pada Arduino UNO akan memberikan referensi nilai waktu *real time* untuk ditampilkan ke monitor LCD.



Gambar 10. Bentuk fisik Modul RTC DS1307

Untuk menutup saluran air beserta udara yang akan keluar dari kolektor pelat datar, penulis menggunakan sebuah kran air yang dikaitkan dengan sebuah motor DC. Pengaitan yang dimaksud adalah menghubungkan tuas kran air dengan tuas rotor dari motor DC dengan seutas benang nilon berlapis. Benang nilon akan tergulung jika terjadi perintah untuk membuka tuas kran air, sehingga air dapat mengalir dan udara akan terbuka. Sebaliknya, jika terjadi perintah menutup tuas kran air, maka gulungan benang nilon akan dikembalikan ke kondisi normal. Hal ini mengakibatkan air tertahan, dikarenakan tertutupnya saluran udara yang masuk ke dalam pelat kolektor. Bentuk fisik mekanis tersebut terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Bentuk fisik kran air otomatis

Rancang bangun pemanas air tenaga matahari ini perlu adanya penambahan alat untuk menampung air yang dihasilkan dari kolektor pelat datar. Oleh karena itu penulis merancang tandon air panas yang memiliki kapasitas 50 liter yang terbuat dari bahan *stainless steel*, pemilihan bahan tersebut dikarenakan *stainless steel* dapat menyimpan suhu panas air yang cukup baik dan tahan terhadap korosi. Tandon air panas ini memiliki 2 lapis tandon dimana tandon yang pertama sebagai wadah penyimpan air panas kemudian tandon yang kedua sebagai isolator agar suhu panas air yang didalam dapat diminimalisir. Diantara 2 lapisan tandon tersebut masih ada ruang celah yang diberi busa isolator untuk menahan panas air yang ada didalam tandon. Air hasil proses pengolahan dari kolektor pelat datar yang terkumpul didalam tandon air panas kemudian air tersebut siap untuk digunakan kebutuhan sehari-hari.

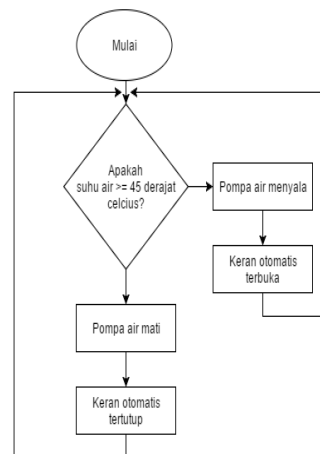


Gambar 12. Bentuk fisik tandon air panas

2.3.2 Perancangan *Software*

Perancangan *software* pada penelitian ini adalah proses membangun program pada Arduino UNO. Program yang telah dibuat dimaksudkan untuk mewujudkan relasi

antara sisi input dan output pada *hardware*. Adapun algoritma dari program Arduino UNO yang telah dibuat terlihat pada *flowchart* dibawah.



Gambar 13. *flowchart* sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengukuran Waktu Dibutuhkan untuk Mencapai Suhu Air 45 °C

Percobaan pengukuran ini dilakukan pada hari Sabtu, 28 januari 2017 dan pada kondisi cerah berawan. Tabel 1 akan memperlihatkan pengukuran perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu air 45 °C.

Tabel 1. Pengukuran perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu air 45 °C

No.	Pada jam ke	Suhu Awal	Waktu lama	Suhu terdeteksi	keterangan
1	09.30 WIB	34 °C	8 menit	46 °C	Cerah
2	09.47 WIB	35 °C	16 menit	45 °C	Berawan
3	10.05 WIB	36 °C	7 menit	47 °C	Cerah
4	10.12 WIB	36 °C	6 menit	47 °C	Cerah
5	10.18 WIB	37 °C	5 menit	46 °C	Cerah

Percobaan pada tabel 1 ini dapat disimpulkan bahwa saat cuaca cerah proses pemanasan air pada kolektor pelat datar lebih cepat daripada ketika cuaca berawan. Hal ini dikarenakan suhu yang didapatkan dari radiasi cahaya matahari langsung lebih tinggi daripada saat radiasi cahaya matahari terhalang oleh awan. Dan dapat disimpulkan juga bahwa ketika waktu semakin siang, maka suhu dari cahaya matahari semakin tinggi.

3.2 Pengukuran Perbandingan Waktu Dibutuhkan untuk Mencapai Suhu Air 55 °C

Percobaan pengukuran ini dilakukan pada hari Selasa, 7 Februari 2017 pada saat kondisi cuaca cerah. Tabel 2 dibawah ini akan memperlihatkan pengukuran perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu air 55 °C.

Tabel 2. Pengukuran perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu air 55 °C

No.	Pada jam ke	Suhu Awal	Waktu lama	Suhu terdeteksi	keterangan
1	10.00 WIB	35 °C	16 menit	55 °C	Cerah
2	10.17 WIB	36 °C	10 menit	55 °C	Cerah
3	10.28 WIB	37 °C	11 menit	56 °C	Cerah
4	12.15 WIB	39 °C	12 menit	58 °C	Cerah
5	12.27 WIB	38 °C	12 menit	58 °C	Cerah

Pada percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa saat cuaca cerah, peneliti mengubah program mikrontroler yaitu dengan menaikkan pendeteksi sensor suhu yang semula dari 45 °C menjadi 55 °C. Dengan perubahan kenaikan sensor suhu tersebut maka proses pemanasan air yang ada didalam kolektor pelat datar membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan waktu pengukuran pada tabel 1 diatas yang hanya mengukur pada suhu air 45 °C. Untuk percobaan ini proses pemanasan air pada kolektor pelat datar dapat menghasilkan air panas yang maksimal.

3.3. Pengukuran Waktu yang Dibutuhkan untuk Mengalirkan Air Panas dari Kolektor Menuju ke Tandon Air Panas

Pada pengukuran percobaan ini dilakukan pada hari Sabtu, 28 januari 2017 Tabel 3. Memperlihatkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan panas dari kolektor menuju tandon air panas.

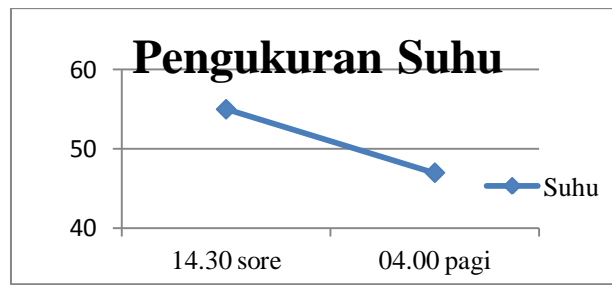
Tabel 3. Pengukuran Waktu yang Dibutuhkan untuk Mengalirkan Air Panas

Pengukuran ke	Waktu Proses	Pada jam ke	Lama Memanaskan
1	33 detik	10.30 WIB	5 menit
2	24 detik	10.39 WIB	5 menit
3	31 detik	10.44 WIB	9 menit
4	30 detik	10.53 WIB	4 menit
5	30 detik	10.57 WIB	5 menit

Dari tabel 3 diatas menunjukkan bahwa proses mengalirkan air yang terdeteksi *thermostat* yang diletakkan didalam pipa kolektor sudah mencapai 45 °C atau lebih maka akan mengalir masuk ke dalam tandon air panas sampai air didalam kolektor pelat datar yang terdeteksi *thermostat* mencapai suhu dibawah 45 °C. Kemudian air panas yang telah masuk ke tandon air digantikan air dingin untuk selanjutnya dipanaskan kembali pada kolektor pelat datar hingga air didalam kolektor tersebut mencapai 45 °C atau lebih kembali. Proses ini terjadi secara berulang terus menerus.

3.4 Pengukuran Suhu Air Panas Dalam Tandon Air Panas

Untuk mempertahankan suhu dari air panas yang didapatkan dari pelat kolektor, digunakan sebuah tandon yang didesain sedemikian rupa seperti pada Gambar 11. Pada percobaan kali ini, pengukuran suhu air panas dilakukan pertama saat melewati kolektor. Dan pengukuran kedua dilakukan saat menjelang waktu fajar.



Gambar 14. Grafik Perubahan Suhu Air Panas

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan suhu terjadi dalam kurun waktu 13,5 jam sebesar 8 °C peletakan tandon air panas terletak diluar rumah tapi masih terlindungi oleh atap. Penurunan suhu air panas ini dapat terjadi karena perubahan cuaca yang akan mempengaruhi suhu yang ada disekitar tandon air panas.

3.5 Pengukuran Volume Air Panas yang Masuk Menuju Tandon Air Panas

Pengukuran ini dilakukan dalam satu kali pengisian air panas ke dalam tandon air panas. Adapun total volume air yang didapatkan dalam satu kali pengisian dan untuk mengukur volume air panas setelah dari kolektor pelat datar dengan menggunakan wadah yang ada ukurannya maka diperoleh volume sebesar 1,5 liter air panas. Hal ini dapat diketahui melalui gambar 15. ada dibawah ini.



Gambar 15. Volume air panas dari kolektor

4. PENUTUP

Pada penelitian yang dilakukan oleh penulis dapat disimpulkan bahwa rancang bangun solar water heater dengan pemrograman Arduino UNO ini penulis melakukan penelitian dengan 4 percobaan antara lain yaitu pengukuran perbandingan waktu untuk mencapai suhu 45 °C, Pengukuran Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air panas dari kolektor menuju ke tandon air panas, pengukuran suhu air panas dalam tandon air panas, pengukuran volume air panas yang masuk menuju tandon air panas. Pada percobaan pengukuran perbandingan waktu untuk mencapai suhu 45 °C dapat disimpulkan bahwa saat cuaca cerah proses pemanasan air pada kolektor pelat datar lebih cepat daripada ketika cuaca berawan. Hal ini dikarenakan suhu yang didapatkan dari radiasi cahaya matahari langsung lebih tinggi daripada saat radiasi cahaya matahari terhalang oleh awan. Dan dapat disimpulkan juga bahwa ketika waktu semakin siang, maka suhu dari cahaya matahari semakin tinggi.

Pada percobaan kedua dapat disimpulkan bahwa saat cuaca cerah, peneliti mengubah program mikrontroler yaitu dengan menaikkan pendeteksi sensor suhu yang semula dari 45 °C menjadi 55 °C. Dengan perubahan kenaikan sensor suhu tersebut maka proses pemanasan air yang ada didalam kolektor pelat datar membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan waktu pengukuran pada tabel 1 tersebut yang hanya mengukur pada suhu air 45 °C. Untuk percobaan ini proses pemanasan air pada kolektor pelat datar dapat menghasilkan air panas yang maksimal.

Pada percobaan ketiga dengan melakukan pengukuran waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air panas dari kolektor menuju ke tandon air Panas dapat disimpulkan bahwa proses mengalirkan air yang terdeteksi *thermostat* yang diletakkan didalam pipa kolektor sudah mencapai 45 °C atau lebih maka akan mengalir masuk ke dalam tandon air panas sampai air didalam kolektor pelat datar yang terdeteksi *thermostat* mencapai suhu dibawah 45 °C. Kemudian air panas yang telah masuk ke tandon air digantikan air dingin untuk selanjutnya dipanaskan kembali pada kolektor pelat datar hingga air didalam kolektor tersebut mencapai 45 °C atau lebih kembali.

Pada percobaan keempat ini dengan melakukan pengukuran suhu air panas yang ada di dalam tandon air panas , penurunan suhu terjadi dalam kurun waktu 14 jam sebesar 8 °C peletekan tandon air panas terletak diluar rumah tapi masih terlindungi oleh atap. Penurunan suhu air panas ini dapat terjadi karena perubahan cuaca yang akan mempengaruhi suhu yang ada disekitar tandon air panas. Pada percobaan keempat pengukuran volume air panas yang masuk menuju tandon air panas pada pengukuran ini dapat disimpulkan bahwa pengukuran ini dilakukan dalam satu kali pengisian air panas ke dalam tandon air panas. Adapun total volume air yang didapatkan dalam satu kali pengisian didapatkan volume sebesar 1,5 liter air panas.

Penulis mengharapkan pada penelitian rancang bangun alat ini dapat diimplementasikan secara konvensional. membuat sebuah alat yang dapat memanaskan air tanpa menggunakan listrik yang lebih ramah lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran udara maupun menghasilkan limbah. Pemanfaatan energi terbarukan dari cahaya matahari menjadi fokus utama pada alat yang telah dibuat.

PERSANTUNAN

Selama penyusunan tugas akhir ini penulis mendapat dukungan, dan saran serta bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan tulus ikhlas dan kerendahan hati penulis mengucapkan rasa terima kasih sebesar - besarnya kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan banyak kenikmatan dan kemuliaannya.
2. Kedua orang tuaku tercinta dan seluruh keluarga terima kasih atas semangat, nasihat dan doanya dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Sri Sunarjono MT. Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Umar ST. MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Agus Ulinuha ST. MT. Ph.D. selaku Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak dan Ibu dosen atas kesediaannya membimbing penulis selama belajar di Teknik Elektro.
7. Sahib karib tercinta Molek, Very, Tiyok, Azis, Reynaldo, Julda, Riza, Surya, Saleh, Susanto, Taufiq yang selalu memberikan semangat dan motivasinya dan Rekan-rekan seperjuangan Teknik Elektro Angkatan 2012 semoga kekeluargaan dan silaturahmi tetap terjaga selalu.
8. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- EPA. 2013. Solar Energy. United States Environmental Protection Agency. Washington D.C. USA.
- Kinhal, Vijayalaxmi. Integrated solar collector storage system based on a salt-hydrate phase change material. *Solar Energy* 1995; 55: 435–444.
- Arefin, Ashraful.(MARCH 2016) SOLAR ENERGY OPTIMIZATION USING ARDUINO BASED MAXIMUM POWER POINT TRACKING SYSTEM., Assistant Professor. *Department of Electrical & Electronic Engineering*. Northern University Bangladesh.
- Matthieu, Calaeiss (March 29, 2014). Using Arduino to Monitor an Homemade Energy Autonomous Platform. TEKTOS IUT de Saint-Omer Dunkerque – Dept. Génie Industriel et Maintenance – Longuenesse, FR-62698.
- Shelmi, M., et al., 2008, Validation of CFD simulation for flat plate solar energy collector, *Renewable Energy* 33 (2008), Pp. 383–387.